IIIa Giornata di Ecotossicologia Applicata
Livorno 22-23 Novembre 2023
ISPRA - Via del Cedro 38 - 57122 Livorno

Il ruolo potenziale dell’ecotossicologia nella valutazione del pericolo e del rischio ambientale per la cessazione della qualifica di rifiuto (End Of Waste)-

Andrea Paina, Fulvio Onorati, Antonella Vecchio, Andrea Tornambé

ISPRA

Cessazione della qualifica di rifiuto (End of Waste) di cui all'articolo 184-ter D.lgs n. 152/2006

REQUISITI:

a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;
b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Decreto 23 settembre 2022,
n. 152
(EoW per rifiuti C&D)

Parametri	Unita' di misura	limite
Amianto	mg/kg s.s.	100
IDROCARBURI AROMATICI		
Benzene	mg/kg s.s.	0,1
Etilbenzene	mg/kg s.s.	0,5
Stirene	mg/kg s.s.	0,5
Toluene	mg/kg s.s.	0,5
Xilene	mg/kg s.s.	0,5
Σ organici aromatici[1]	mg/kg s.s.	1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		
Benzo(a)antracene	mg/kg s.s.	0,5
Benzo(a)pirene	mg/kg s.s.	0,1
Benzo(b)flourantene	mg/kg s.s.	0,5
Benzo(k)fluorantene	mg/kg s.s.	0,5
Benzo(g, h, i) perilene	mg/kg s.s.	0,1
Crisene	mg/kg s.s.	5
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg s.s.	0,1
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg s.s.	0,1
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg s.s.	0,1
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg s.s.	0,1
Dibenzo(a,h) antracene	mg/kg s.s.	0,1
Indenopirene	mg/kg s.s.	0,1
Pirene	mg/kg s.s.	5
Σ IPA	mg/kg s.s.	10
Fenolo	mg/kg s.s.	1
PCB	mg/kg s.s.	0,06
Idrocarburi C > 12	mg/kg s.s.	50
Cr VI	mg/kg s.s.	2
Materiali galleggianti	cm^3/kg	<5
Frazioni estranee	% in peso	<1%

SOLIDO

ELUATO
(test di cessione)

Parametri	Unità di misura	Valore limite
Nitrati	mgL^{-1}	50
Fluoruri	mgL^{-1}	1,5
Cianuri	μgL^{-1}	50
Ba	mgL^{-1}	1
Cu	mgL^{-1}	0,05
Zn	mgL^{-1}	3
Be	μgL^{-1}	10
Co	μgL^{-1}	250
Ni	μgL^{-1}	10
V	μgL^{-1}	250
As	μgL^{-1}	50
Cd	μgL^{-1}	5
Cr totale	μgL^{-1}	50
Pb	μgL^{-1}	50
Se	μgL^{-1}	10
Hg	μgL^{-1}	1
COD	mgL	30
Solfati	mgL^{-1}	750
Cloruri	mgL^{-1}	750
pH		5,5 ÷ 12,0

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

In mancanza di specifici decreti nazionali che definiscano i criteri EoW, le autorizzazioni degli impianti di recupero dei rifiuti sono rilasciate e rinnovate nel rispetto dei requisiti previsti dalla Direttiva 2008/98/CE (art. 6 «Cessazione della qualifica di rifiuto») previo parere vincolante dell'ISPRA o dell'Agenzia per l'Ambiente territorialmente competente. Qualora nell'ambito dei provvedimenti non siano definiti criteri specifici, per i rifiuti non pericolosi si continua ad applicare quanto previsto dal DM 5 febbraio 1998

Allegato 3

CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DEL TEST DI CESSIONE

Per la determinazione del test di cessione si applica l'appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2. Solo nei casi in cui il campione da analizzare presenti una granulometria molto fine, si deve utilizzare, senza procedere alla fase di sedimentazione naturale, una ultracentrifuga (20000 G) per almeno 10 minuti. Solo dopo tale fase si potrà procedere alla successiva fase di filtrazione secondo quanto riportato al punto 5.2.2 della norma UNI EN 12457-2. I risultati delle determinazioni analitiche devono essere confrontati con i valori limite della seguente tabella:

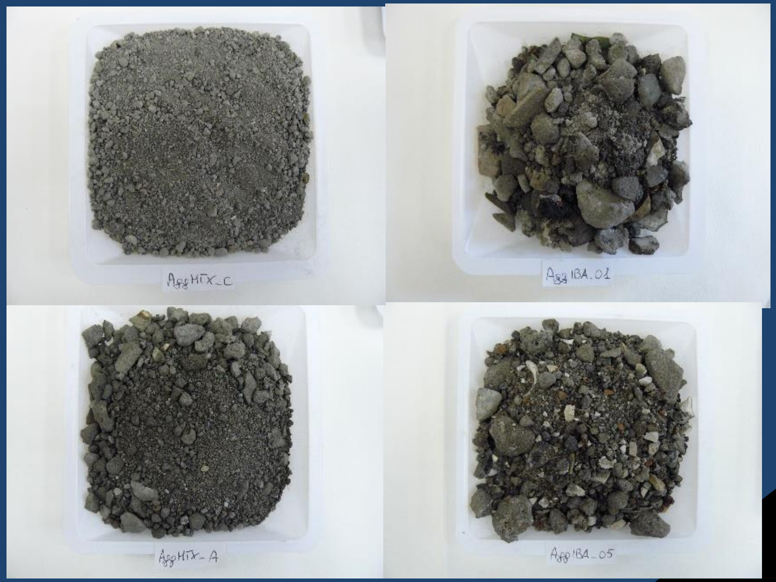
Parametri	Unità di misura	Concentrazioni limite
Nitrati	Mg/l NO3	50
Fluoruri	Mg/l F	1,5
Solfati	Mg/l SO4	250
Cloruri	Mg/1 Cl	100
Cianuri	microngrammi/l Cn	50
Bario	Mg/l Ba	1
Rame	Mg/l Cu	0.05
Zinco	Mg/l Zn	3
Berillio	microngrammi/l Be	10
Cobalto	microngrammi/l Co	250
Nichel	microngrammi/l Ni	10
Vanadio	microngrammi/l V	250
Arsenico	microngrammi/l As	50
Cadmio	microngrammi/l Cd	5
Cromo totale	microngrammi/l Cr	50
Piombo	microngrammi/l Pb	50
Selenio	microngrammi/l Se	10
Mercurio	microngrammi/l Hg	1
Amianto	Mg/l	30
COD	Mg/l	30
PH		5,5 <> 12,0

Convenzione ISPRA/MATTM
per lo svolgimento delle funzioni di vigilanza e controllo in materia di gestione dei rifiuti di cui all'art. 206-bis del D.lgs. 152 del 2006

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Studio per la definizione di un criterio di integrazione ponderata per la cessazione della qualifica di rifiuto (End of Waste) di cui all'articolo 184-ter D.lgs n. 152/2006



Scorie da incenerimento (IBA)

Scorie C&D

Attività finanziate da Convenzioni con il MASE ai fini delle caratterizzazione di pericolo HP14 per i rifiuti

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Sviluppo e applicazione di una procedura integrata per la definizione del pericolo ecotossicologico

Applicazione del metodo integrato di classificazione (HP14) per alcune tipologie di rifiuti: fluff da frantumazione VFU, rifiuti da TMB, Bottom-ash, fly-ash, fanghi tra trattamento acque industriali

Classificazione dei rifiuti: comparazione del metodo integrato di valutazione con il metodo previsto dalle LG SNPA, applicati a rifiuti derivati da trattamento meccanico-biologico di rifiuti urbani indifferenziati (TMB)

Struttura comune degli studi

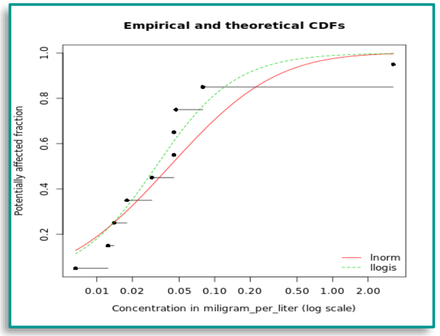
IIIa Giornata di Ecotossicologia Applicata
Livorno 22-23 Novembre 2023
ISPRA - Via del Cedro 38 - 57122 Livorno

Fase 1
Definizione quadro chimico-ecotossicologico di riferimento

Costruzione database e definizione delle NOEC per gruppi tassonomici

↓

Stima delle PNEC specifiche per gli ecosistemi acquatici italiani per sostanze organiche e inorganiche tramite approcci deterministici e probabilistici (SSD)



Fase 2
Caratterizzazione chimica ed ecotossicologica

Determinazione del contenuto totale dei contaminanti inorganici ed organici

↓

Prove di lisciviazione:
UNI EN 12457-2
UNI EN 1744-3

↓

Caratterizzazione chimica dei lisciviati

↓

Caratterizzazione ecotossicologica:
- ***Aliviibrio fischeri***
  Raphydocelis subcapitata
- ***Daphnia magna***
- ***Spirodela polirhyza***
- **Piante superiori**

Fase 3
Caratterizzazione del pericolo ambientale

Selezione contaminanti inorganici e organici di interesse ambientale per la specifica applicazione

↓

Adattamento indici di pericolo (HQ) ecotossicologico e chimico alla specifica matrice

↓

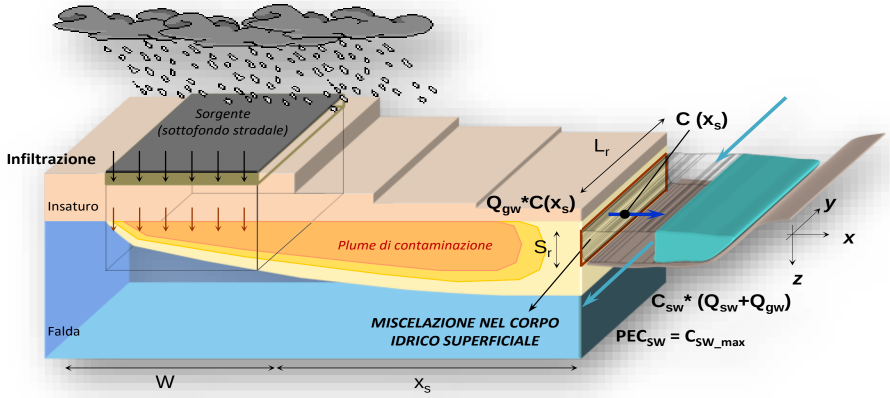
Stima del pericolo (HQ) ecotossicologico e chimico dei campioni

Fase 4
Valutazione dell'esposizione

Definizione degli scenari con condizioni cautelative

↓

Stima delle PEC nei vari scenari tramite modelli matematici



Fase 5
Caratterizzazione del rischio

Confronto PEC vs. PNEC (RCR)

↓

Confronto PEC vs. CSC (Tabella 2, Allegato 5 al Titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/06)

Fase 1

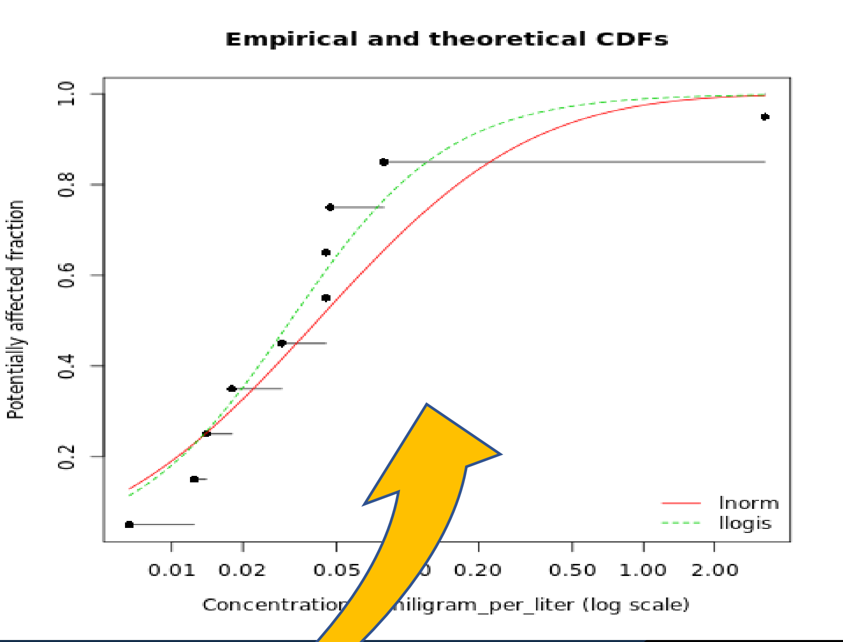
Definizione quadro chimico-ecotossicologico di riferimento: analisi del pericolo e del rischio

Caratterizzazione del rischio (stima dell'incidenza e della gravità degli effetti che si potrebbero verificare in un comparto ambientale a causa dell'esposizione effettiva o prevista ad una sostanza o miscela di sostanze chimiche):

$$RCR = PEC/PNEC$$

STIMA DELLE PNEC SPECIFICHE PER ECOSISTEMI ACQUATICI ITALIANI:

1. Consultazione database internazionali (USEPA ECOTOX, ECHA, EnviroTox;
2. Selezione specie italiane;
3. Selezione prioritaria NOEC/LOEC;
4. Media geometria dei dati analoghi

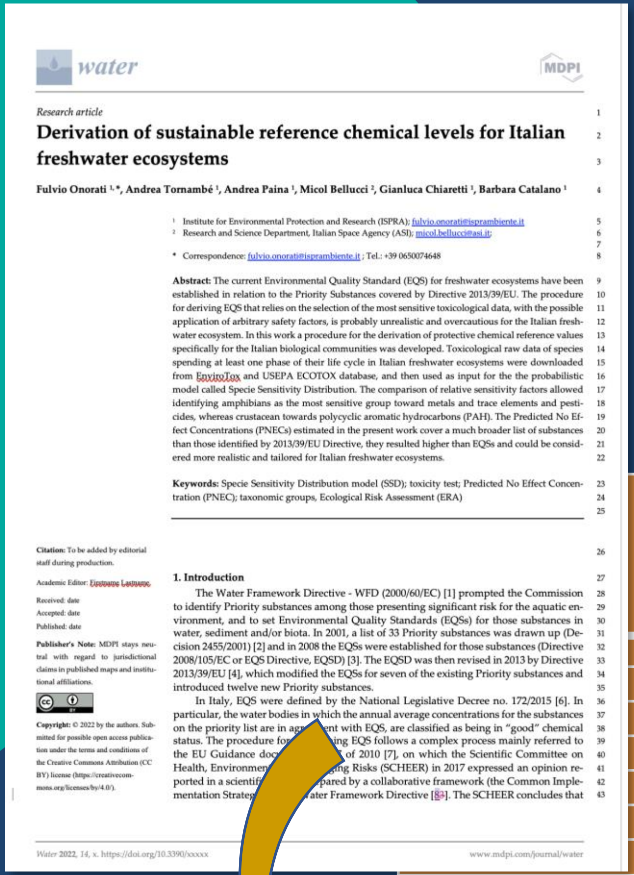


5. Applicazione modello probabilistico SSD (Specie Sensitivity Distribution)

Fase 1
Definizione quadro chimico-ecotossicologico di riferimento: analisi del pericolo e del rischio

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente


water MDPI

Research article

Derivation of sustainable reference chemical levels for Italian freshwater ecosystems

Fulvio Onorati [1,*], Andrea Tornambé [1], Andrea Paina [1], Micol Bellucci [2], Gianluca Chiaretti [1], Barbara Catalano [1]

[1] Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA); fulvio.onorati@isprambiente.it
[2] Research and Science Department, Italian Space Agency (ASI); micol.bellucci@asi.it;

* Correspondence: fulvio.onorati@isprambiente.it ; Tel.: +39 0650074648

Abstract: The current Environmental Quality Standard (EQS) for freshwater ecosystems have been established in relation to the Priority Substances covered by Directive 2013/39/EU. The procedure for deriving EQS that relies on the selection of the most sensitive toxicological data, with the possible application of arbitrary safety factors, is probably unrealistic and overcautious for the Italian freshwater ecosystem. In this work a procedure for the derivation of protective chemical reference values specifically for the Italian biological communities was developed. Toxicological raw data of species spending at least one phase of their life cycle in Italian freshwater ecosystems were downloaded from EnviroTox and USEPA ECOTOX database, and then used as input for the the probabilistic model called Specie Sensitivity Distribution. The comparison of relative sensitivity factors allowed identifying amphibians as the most sensitive group toward metals and trace elements and pesticides, whereas crustacean towards polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). The Predicted No Effect Concentrations (PNECs) estimated in the present work cover a much broader list of substances than those identified by 2013/39/EU Directive, they resulted higher than EQSs and could be considered more realistic and tailored for Italian freshwater ecosystems.

Keywords: Specie Sensitivity Distribution model (SSD); toxicity test; Predicted No Effect Concentration (PNEC); taxonomic groups, Ecological Risk Assessment (ERA)

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: Firstname Lastname

Received: date
Accepted: date
Published: date

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

1. Introduction

The Water Framework Directive - WFD (2000/60/EC) [1] prompted the Commission to identify Priority substances among those presenting significant risk for the aquatic environment, and to set Environmental Quality Standards (EQSs) for those substances in water, sediment and/or biota. In 2001, a list of 33 Priority substances was drawn up (Decision 2455/2001) [2] and in 2008 the EQSs were established for those substances (Directive 2008/105/EC or EQS Directive, EQSD) [3]. The EQSD was then revised in 2013 by Directive 2013/39/EU [4], which modified the EQSs for seven of the existing Priority substances and introduced twelve new Priority substances.

In Italy, EQS were defined by the National Legislative Decree no. 172/2015 [6]. In particular, the water bodies in which the annual average concentrations for the substances on the priority list are in agr[illegible]ent with EQS, are classified as being in "good" chemical status. The procedure fo[illegible]ing EQS follows a complex process mainly referred to the EU Guidance doc[illegible] of 2010 [7], on which the Scientific Committee on Health, Environmen[illegible]ng Risks (SCHEER) in 2017 expressed an opinion reported in a scientifi[illegible]pared by a collaborative framework (the Common Implementation Strateg[illegible]ater Framework Directive [8]. The SCHEER concludes that

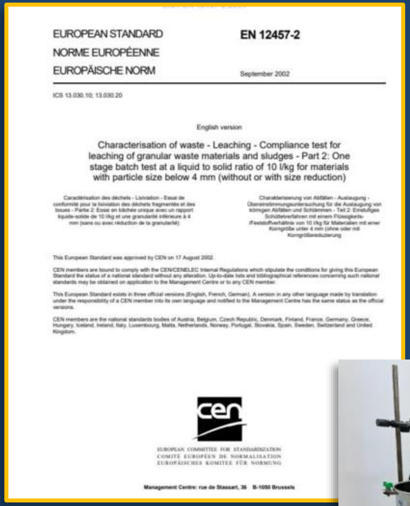
Water 2022, 14, x. https://doi.org/10.3390/xxxxx www.mdpi.com/journal/water

PNEC ecologiche per 62 sostanze derivate da dati di 93 organismi presenti negli ecosistemi acquatici italiani!

PNEC specifiche per ecosistemi acquatici italiani: esempio dei metalli ed elementi in tracce

	Cianobacteria	*Chlorophyta*	*Ocrophyta*	*Angiospermae*	*Ciliophora*	*Euglenozoa*	*Rotifera*	*Platyhelminthes*	*Cnidaria*	*Mollusca*	*Crustacea*	*Anellida*	*Insecta*	*Pisces*	*Amphibia*	*PNEC*	*95% Confidence range*
Metals and trace elements																	
Al	7014	999				1910	300				410			250	47	**44**	6.9-290
As	280	334					3190				105			271		**110**	71-210
Ba	4729						70800				7090	3360		37690		**1200**	190-8700
Cd	7.3	58.4			18		6.6	3268	14	79.2	13.5	45	264.4	45		**2.4**	0.47-12
CrIII		34.2									516	291		1185		**32**	6.9-310
CrVI	21	164.7			257		520	730			59.7	136.5		8099		**5.3**	0.72-72
Cu	8.1	70.2			91.5		23.6	208.2	4	26.6	12.7	1.2	70	73.4		**2.2**	0.67-9.3
Fe		14056				11.7E5	1104				3694	10184		260		**78**	2.7-2500
Hg	1.8	3.8			2.0		5.4			90	1.6	20.6	37.4	14.4		**0.62**	0.12-3.2
Mn		349					3870			4000	4355	17061		286	5000	**260**	43-1600
Ni		99.8					400	655		126	101	6675	7240	3805		**27**	2.9-250
Pb		508			226		400	16000			44	1462		707		**38**	5.4-290
Sb		200									712	10800		1522		**90**	8.2-1100
Se	588	136					1610				48.3	771	303	1666		**56**	29-290
Sn	144	56.8					3.7		0.2	480	1.39	4.9	0.2	16.3	0.17	**0.028**	0.014-0.56
Tl	0.5	3.2					949				122			2441		**0.16**	9.5E-4-34
V		1200									500			780		**430**	270-880
Zn	1.58	10,65			250		123	637	166	318	73.8	288	9430	1346		**7.7**	1.6-59

Fase 2:
Caratterizzazione chimica ed ecotossicologica degli aggregati


EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12457-2

September 2002

ICS 13.030.10; 13.030.20

English version

Characterisation of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges - Part 2: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 4 mm (without or with size reduction)

This European Standard was approved by CEN on 17 August 2002.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Determinazione del contenuto totale dei contaminanti inorganici ed organici

⇩

Prove di lisciviazione:
UNI EN 12457-2
UNI EN 1744-3

⇩

Caratterizzazione chimica dei lisciviati

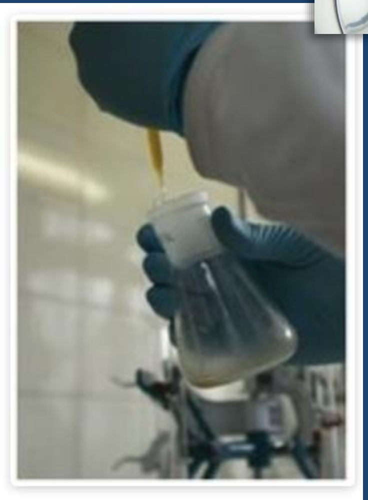
⇩

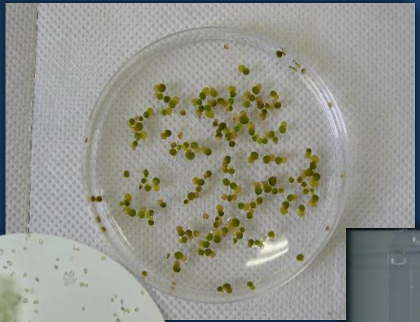
Caratterizzazione ecotossicologica:

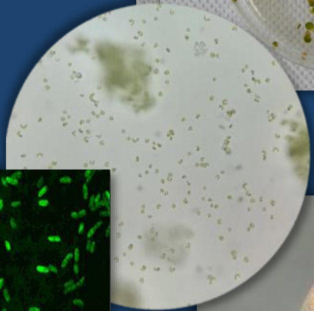
- ***Aliviibrio fischeri***
- ***Raphydocelis subcapitata***
- ***Daphnia magna***
- ***Spirodela polirhyza***
- **Piante superiori**

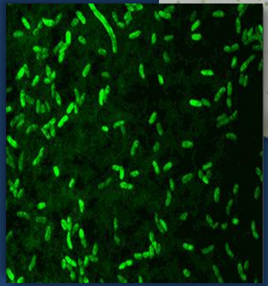
UNI EN 1744-3

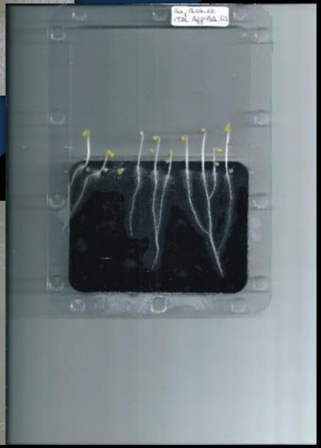
UNI EN 12457-2











Fase 3 : analisi del pericolo e del rischio

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

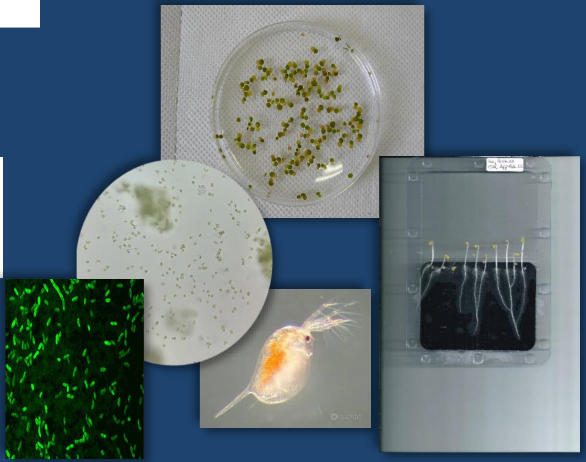
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

LOE Ecotossicologia

$$\frac{\sum_{J=1}^{N} RTR_w(j)_{RTR(j)\le 1}}{N} + \sum_{k=1}^{M} RTR_W(k)_{RTR(K)>1}$$

LOE Chimica

$$HQ_{Battery} = \sum_{K=1}^{N} Effect_w(k) \cdot w_2$$



LOE Chimica: pesi delle variabili per sostanze di cui al DM 152/2022 e/o DM 05.02.98

	Aggregato	Eluato
Nessun elenco	1	1
Sostanza prioritaria (D.Lvo 172/2015)	1,05	1,06
Sostanza Pericolosa Prioritaria (D.Lvo 172/2015)	1,1	1,12
Parametro chimico-fisico	0,95	0,95
Numero totale parametri previsti da norma	26	19

LOE Chimica: pesi delle variabili per sostanze di cui è stimata la PNEC

	Eluato
Nessun elenco di priorità	0,89
Sostanza prioritaria (D.Lvo 172/2015)	1,08
Sostanza Pericolosa Prioritaria (D.Lvo 172/2015)	1,14

LOE Ecotossicologia: pesi delle variabili per saggi biologici

Specie		End-point		Exposure	Threshold
Aliivibrio fischeri		Bioluminescence		Acute	15 % of effect
Daphnia magna		Survival		Acute	10 % of effect
Raphidocelis subcapitata		Algal growth		Chronic	10 % of effect
End-point	**Weight**	**Matrix**	**Weight**	**Exposure**	**Weight**
Survival	1.2	Eluate	1	Acute	1.1
Bioluminescence	1.0				
Algal Growth	1.0			Chronic	0.8

Fase 3: analisi del pericolo e del rischio

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Journal of Environmental Management 332 (2023) 117208

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman

ELSEVIER

Research article

An innovative methodological path to attribute the hazard property HP14 "ecotoxic" to waste using a weight of evidence approach

Onorati Fulvio *, Bellucci Micol, Tornambè Andrea, Paina Andrea, Maggi Chiara

Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Via Vitaliano Brancati 60, 00166, Rome, Italy

A R T I C L E I N F O

Keywords:
Weight of evidence approach
Ecotoxicological hazard
HP14 property
Environmental impact assessment
Toxicity testing

A B S T R A C T

The criteria for the application of hazard property code HP14 "ecotoxicity" to waste assessment have been defined by the Council Regulation (EU) 2017/997. However, on the basis of available methodologies, its application may present some issues. Those can be referred to the preparation and representativeness of the sample to be analyzed, to the chemical evaluation by the summation method (CLP Regulation), to the toxicity thresholds of ecotoxicological tests and the evaluation of the real environmental impact of waste. In this work an integrated chemical and ecotoxicological approach, that relies on modified synthetic indices previously developed for dredging sediment management is proposed. The methodological procedure, assuming that the eluate represents the most relevant carrier of contaminant into the environment, was applied on eluates extracted from samples of 3 kinds of waste categories (car-fluff, fly-ash and sludges), introducing changes starting from the sample preparation and the targeted ecotoxicological and chemical analyses. The application of this approach allowed qualifying the sludge and part of fly-ash samples as "non ecotoxic", unlike the conventional method (CLP) under which all waste categories considered were found to be "ecotoxic". The new pathway for waste qualification, abandoning the classical tabular approach based on mere chemical concentrations and/or predetermined thresholds of toxicity (principle of the worst case), showed a greater discriminatory power among samples with different characteristics, and a more realistic and quantitative assessment of the environmental impact which can be caused by leaching of the waste.

1. Introduction

The Council Regulation (EU) 2017/997 regarding the hazardous property HP 14 'ecotoxic' defines the criteria for the assessment of the ecotoxicity in waste.

A waste is considered "ecotoxic" if it presents or may present immediate or delayed risks to one or more environmental compartments.

The main criterion for the chemical classification of wastes is the so-called "conventional method", that consists in a computation of the substance concentrations classified as ecotoxic, according to the European Regulation 1272/2008/CE (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures – CLP -), using defined formulae by applying specific generic chemical cut-off values (summation method).

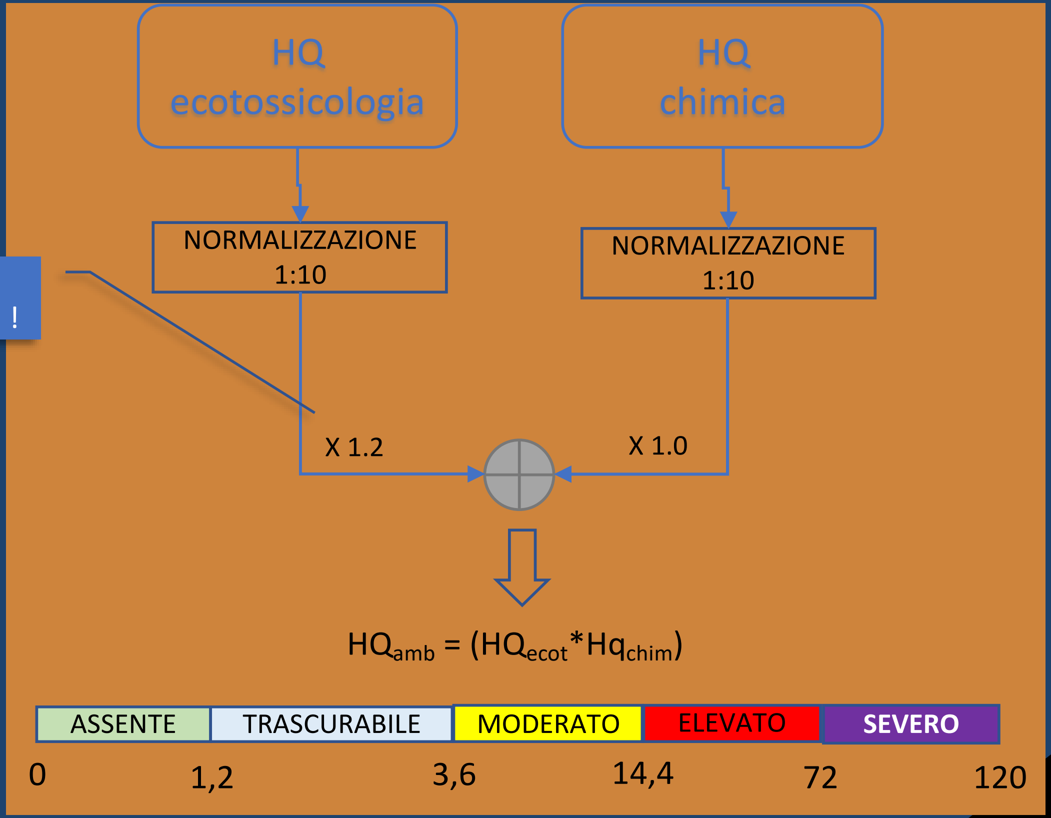
The HP14 property could be determined also by carrying out experimental toxicity tests, which procedures are reported in the European Regulation 440/2008/CE or in "other internationally recognized test methods and guidelines" (Council Regulation, 2017/997). In this case, priority is given to the ecotoxicological classification over the chemical one, but since the responses of the bioassays are strongly dependent on sample preparation, tested organisms, and toxic thresholds adopted (Part 4, Annex I, European Regulation 2008/1272/CE), the rigorous application of actual normative causes several issues related not only to the methodological procedures, but also to the interpretation of the data, making difficult the comparison of the results and classification, especially when complex waste and undefined matrices are tested (Pivato and Gaspari, 2006, Pivato et al., 2019; Stiernström et al., 2016; Zhang et al., 2019).

Both conventional and experimental CLP-based methodologies are designed for the classification of hazardous substances and mixtures of known compounds, while the detailed chemical composition of waste is generally unknown. Thus, the combined environmental effects of the mixture of contaminants generally present in almost w ries is underestimated. The classification is therefore base hazard codes of the components that are assumed to be pres r most toxic forms, following the principle of "worst-case asse ading to cautionary management practice, often unfeasib not

* Corresponding author.
E-mail address: fulvio.onorati@isprambiente.it (O. Fulvio).

https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117208
Received 28 October 2022; Received in revised form 21 December 2022; Accepted 31 December 2022
Available online 28 January 2023

+ peso all'ecotossicologia !



Illa Giornata di Ecotossicologia Applicata, Livorno 22-23 Novembre 2023
ISPRA - Via del Cedro 38 - 57122 Livorno

Fase 3: PERICOLO AMBIENTALE C&D

a)	AggC&D_01	AggC&D_02	AggC&D_03	AggC&D_04	AggC&D_05
Metodo lisciviazione UNI EN 1744-3 e limiti DM 152/2022					
$HQ_{Chimica}$ (1:10)	0,90	0,90	0,89	0,89	1,34
$HQ_{Ecotoss.}$ (1:10)	0,48	0,04	0,27	0,33	0,88
$HQ_{ambientale}$	0,52	0,04	0,29	0,35	**1,41**

b)	AggC&D_01	AggC&D_02	AggC&D_03	AggC&D_04	AggC&D_05
Metodo lisciviazione UNI EN 12457-2 e limiti DM 152/2022					
$HQ_{Chimica}$ (1:10)	0,90	0,90	0,89	0,89	1,34
$HQ_{Ecotoss.}$ (1:10)	4,79	0,41	2,72	3,29	8,75
$HQ_{ambientale}$	**5,17**	0,44	**2,91**	**3,51**	**14,07**

c)	AggC&D_01	AggC&D_02	AggC&D_03	AggC&D_04	AggC&D_05
Metodo lisciviazione UNI EN 1744-3 e PNEC ISPRA					
$HQ_{Chimica}$ (1:10)	1,00	1,03	1,04	1,11	1,00
$HQ_{Ecotoss.}$ (1:10)	0,48	0,04	0,27	0,33	0,88
$HQ_{ambientale}$	0,58	0,44	0,34	0,44	1,20

d)	AggC&D_01	AggC&D_02	AggC&D_03	AggC&D_04	AggC&D_05
Metodo lisciviazione UNI EN 12457-2 e PNEC ISPRA					
$HQ_{Chimica}$ (1:10)	1,61	1,59	1,38	1,21	0,89
$HQ_{Ecotoss.}$ (1:10)	0,48	0,04	0,27	0,33	0,88
$HQ_{ambientale}$	0,93	0,08	0,45	0,47	0,94

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Esempio: C&D

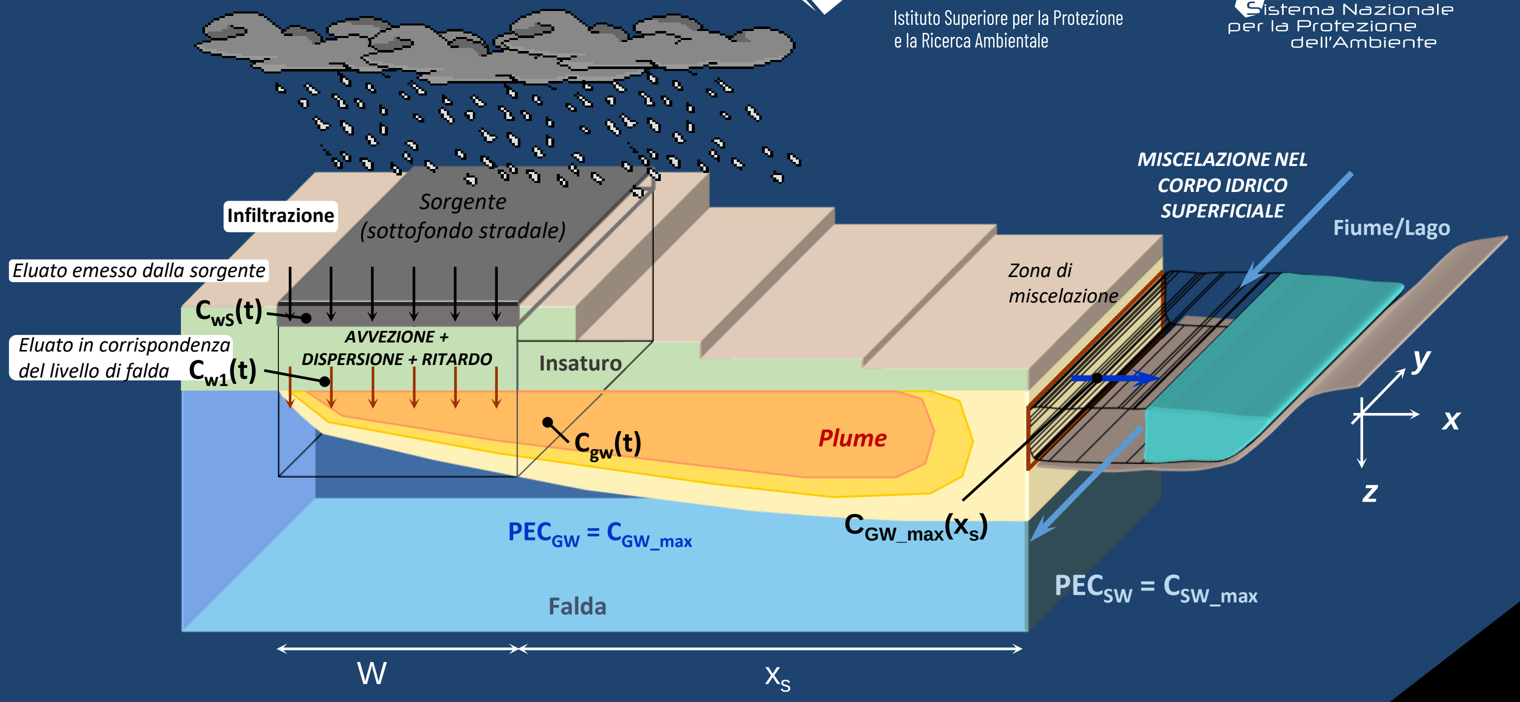
L'integrazione delle due linee di evidenza restituisce un pericolo ambientale integrato degli aggregati C&D che, considerando gli attuali limiti, determina livelli sostanzialmente assenti con la lisciviazione UNI EN 1744-3. Passando alla estrazione secondo il metodo UNI EN 12457-2, i valori dell'indice tendono ad aumentare rispetto ai limiti del DM 152/2022.

ASSENTE	TRASCURABILE	MODERATO	ELEVATO	SEVERO
0 – 1,2	1,2 – 3,6	3,6 – 14,4	14,4 – 72	72 – 120

Fase 4: Valutazione dell’esposizione (modello concettuale)

- Il modello concettuale prevede come recettori principali della contaminazione le acque sotterranee e superficiali;
- I modelli utilizzati in vari ambiti (sostanze chimiche o bonifiche) non sono direttamente adattabili alle matrici oggetto dello studio e alle finalità di utilizzo;
- Lo sviluppo di un modello di lisciviazione e trasporto in falda/acque superficiali a sorgente «finita» con differenziazione nelle caratteristiche dell’insaturo ha consentito di superare la criticità dei modelli disponibili;
- Il modello è stato applicato a sostanze organiche ed inorganiche misurate sia nella matrice solida sia nell’eluato
- In particolare per gli organici idrofobici, è stato simulato anche il trasporto come colloidi

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente



La PEC rappresenta il valore massimo stimato nel tempo e nel punto di «picco»

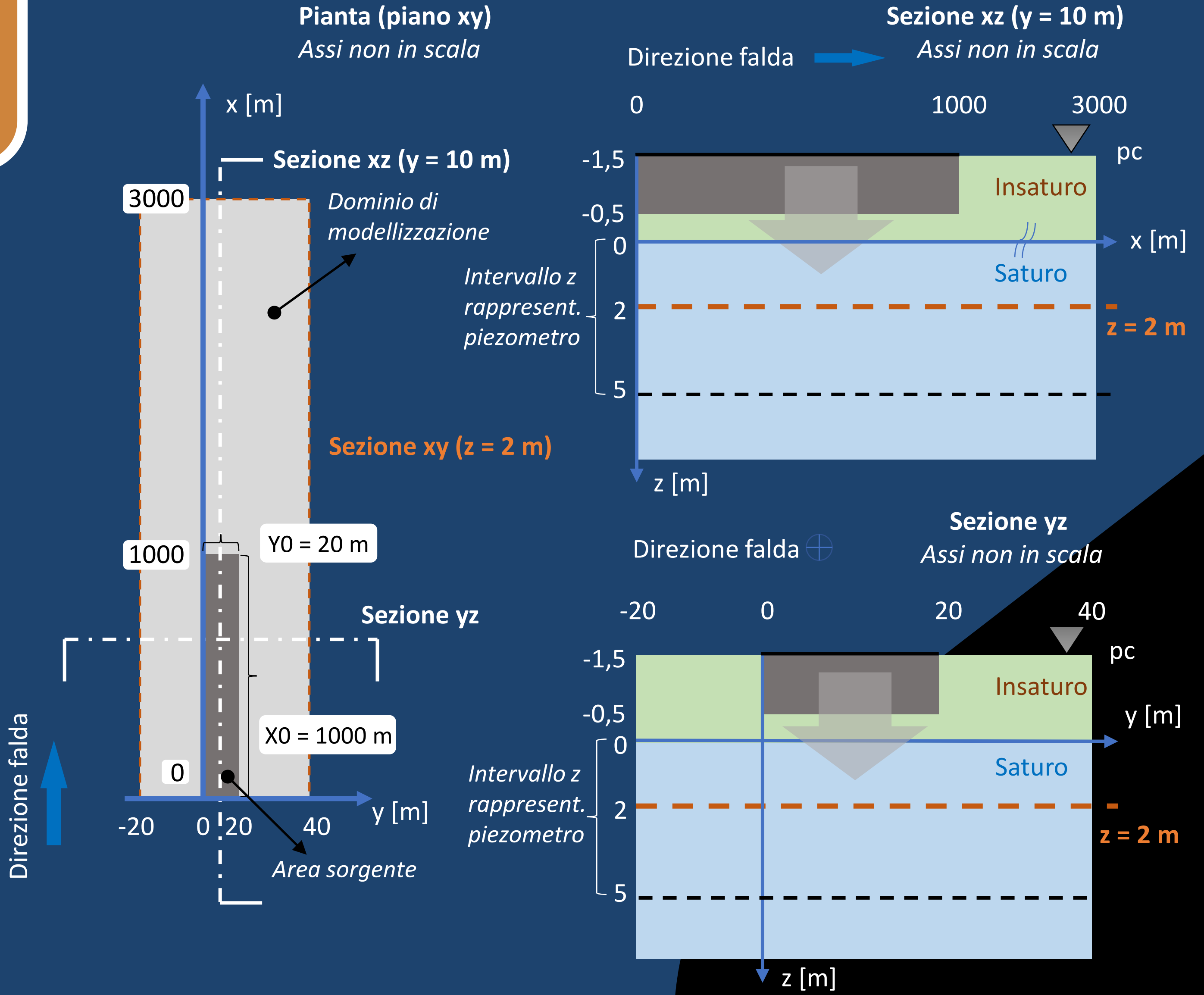
La PEC nelle acque di falda è stata confrontata con i VS (D.Lgs 152/06 - Parte III) e le CSC (D.Lgs.152/06 - Parte IV, Titolo V)

La PEC nelle acque superficiali è stata confrontata con le PNEC acquatiche (ISPRA) e con gli SQA (D.Lgs 152/06 - Parte III)

Fase 4: Valutazione dell'esposizione (scenari e parametri utilizzati per la definizione delle PEC)

Realizzazione di un tratto di strada a due corsie per senso di marcia (larghezza complessiva della strada pari a 20 m) con l'intero pacchetto di sottofondo stradale di spessore pari ad 1 m e posto al di sotto del piano campagna realizzato con aggregati artificiali (IBA) o riciclati(C&D)

- <u>Caratteristiche degli aggregati riciclati</u>: da norme UNI per l'utilizzo in sottofondi stradali e da modelli in uso per i rifiuti
- <u>Caratteristiche insaturo e saturo</u>: parametri degli scenari FOCUS (FOrum for Co-ordination of pesticide fate models and their USe) della valutazione di rischio applicata all'uso dei prodotti fitosanitari in ambito europeo e rappresentativi del territorio italiano
- <u>Pavimentazione stradale:</u> il pacchetto superficiale (manto di usura in asfalto o altro materiale) è scarsamente permeabile. É stata cautelativamente considerata una riduzione dell'infiltrazione pari al 10 % del valore in assenza di copertura (valore massimo)



Fase 5: caratterizzazione del rischio

IBA

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

PEC stimate nello scenario di ragionevole cautela rispetto alla matrice solida (Ief ridotta: 0.025 m/anno e pavimentazione)

RCR (Cu) = 11,9-1,87

RCR (Sn) = 1,3-8,2

Contaminante	PEC falda		CSC [mg/L]	PEC corpo idrico			PNEC [mg/L]
				Fiume	Lago		
	C media (0-5m) [mg/L]	C mediana (0-5m) [mg/L]		C max [mg/L]	C media [mg/L]	C mediana [mg/L]	
Al	1,80E-01	1,81E-01	2,00E-01	5,18E-03	8,06E-04	8,11E-04	3,50E-02
As	2,68E-03	2,70E-03	1,00E-02	7,72E-05	1,20E-05	1,21E-05	1,10E-01
Ba	2,67E-01	2,69E-01	7,00E-01	7,70E-03	1,20E-03	1,21E-03	1,20E+00
Cd	2,05E-03	2,06E-03	5,00E-03	5,90E-05	9,18E-06	9,24E-06	2,40E-03
Cr_tot	9,69E-06	9,75E-06	5,00E-02	2,79E-07	4,34E-08	4,37E-08	1,30E-01
Cr VI	2,25E-03	2,26E-03	5,00E-03	6,47E-05	1,01E-05	1,01E-05	1,30E-01
Cu	8,69E-01	8,74E-01	1,00E+00	2,50E-02	3,89E-03	3,92E-03	2,10E-03
Fe	1,88E+01	1,89E+01	2,00E-01	5,41E-01	8,42E-02	8,47E-02	7,80E-02
Hg	2,70E-04	2,72E-04	1,00E-03	7,77E-06	1,21E-06	1,22E-06	6,20E-04
Mn	1,93E-01	1,94E-01	5,00E-02	5,55E-03	8,64E-04	8,69E-04	2,60E-01
Ni	1,20E-01	1,20E-01	2,00E-02	3,44E-03	5,36E-04	5,39E-04	2,70E-02
Pb	1,01E-02	1,02E-02	1,00E-02	2,92E-04	4,55E-05	4,57E-05	3,80E-02
Sb	2,13E-02	2,14E-02	5,00E-03	6,12E-04	9,53E-05	9,59E-05	9,00E-02
Se	6,33E-03	6,37E-03	1,00E-02	1,83E-04	2,84E-05	2,86E-05	9,50E-02
Sn	7,99E-03	8,04E-03	2,20E+00	2,30E-04	3,58E-05	3,60E-05	2,80E-05
Tl	2,14E-05	2,15E-05	2,00E-03	6,15E-07	9,58E-08	9,64E-08	1,90E-04
V	2,06E-04	2,07E-04	5,00E-02	5,92E-06	9,21E-07	9,27E-07	4,30E-01
Zn	7,89E-01	7,94E-01	3,00E+00	2,27E-02	3,53E-03	3,56E-03	6,70E-03

Contaminante	PEC falda		CSC [mg/L]	PEC corpo idrico			PNEC [mg/L]
				Fiume	Lago		
	C media (0-5m) [mg/L]	C mediana (0-5m) [mg/L]		C max [mg/L]	C media [mg/L]	C mediana [mg/L]	
Diossine e furani (TE)	1,04E-07	1,04E-07	4,00E-09	2,99E-09	4,65E-10	4,67E-10	-
Alifatici C13-C18	8,26E-02	8,31E-02	3,50E-01	2,35E-03	3,70E-04	3,72E-04	-
Aromatici C13-C22	3,15E+00	3,16E+00	3,50E-01	9,08E-02	1,41E-02	1,42E-02	-
Benzene	9,19E-05	9,23E-05	1,00E-03	2,64E-06	4,12E-07	4,13E-07	1,50E+00
Toluene	3,35E-04	3,37E-04	1,50E-02	9,59E-06	1,50E-06	1,51E-06	2,30E+00
PCB	6,30E-03	6,32E-03	1,00E-05	1,82E-04	2,82E-05	2,83E-05	-
Naftalene	7,02E-06	7,06E-06	5,00E-03	1,99E-07	3,14E-08	3,16E-08	1,20E-01
Acenaftene	1,94E-05	1,95E-05	5,00E-03	5,49E-07	8,67E-08	8,72E-08	2,50E-02
Fluorene	1,99E-05	2,00E-05	5,00E-03	5,65E-07	8,92E-08	8,97E-08	2,10E-02
Fenantrene	1,59E-05	1,60E-05	5,00E-03	4,51E-07	7,12E-08	7,16E-08	4,50E-03
Antracene	2,38E-05	2,39E-05	5,00E-03	6,78E-07	1,07E-07	1,07E-07	2,80E-03
Fluorantene	2,26E-04	2,26E-04	5,00E-03	6,63E-06	1,01E-06	1,01E-06	4,60E-03
Pirene	2,10E-05	2,10E-05	5,00E-02	6,14E-07	9,39E-08	9,39E-08	2,20E-02
Crisene	8,89E-05	8,95E-05	5,00E-03	2,55E-06	3,98E-07	4,01E-07	-
Benzo(b)fluorantene	2,05E-05	2,04E-05	1,00E-04	6,20E-07	9,19E-08	9,12E-08	-
Benzo(a)pirene	7,03E-05	7,07E-05	1,00E-05	2,02E-06	3,15E-07	3,17E-07	2,70E-02
Benzo(g,h,i)perilene	1,25E-04	1,25E-04	1,00E-05	3,58E-06	5,59E-07	5,62E-07	-
Indeno(1,2,3, c, d)pirene	1,12E-04	1,13E-04	1,00E-04	3,21E-06	5,02E-07	5,05E-07	3,00E-05
Butil benzil ftalato	8,46E-04	8,50E-04	3,70E+01	2,41E-05	3,79E-06	3,81E-06	-
Di (2-etilesil)ftalato (DHEP)	7,87E-02	7,91E-02	3,70E+01	2,26E-03	3,53E-04	3,54E-04	-
Di-n-ottil ftalato	9,89E-03	9,93E-03	3,70E+01	2,86E-04	4,43E-05	4,45E-05	-

Fase 5 caratterizzazione del rischio

IBA

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

PEC stimate nello scenario di ragionevole cautela rispetto all'eluato (Ief ridotta: 0.025 m/anno e pavimentazione)

Contaminante	PEC falda		CSC [mg/L]	PEC corpo idrico			PNEC [mg/L]
				Fiume	Lago		
	C media (0-5m) [mg/L]	C mediana (0-5m) [mg/L]		C max [mg/L]	C media [mg/L]	C mediana [mg/L]	
As	7,52E-05	7,57E-05	1,00E-02	2,16E-06	3,37E-07	3,39E-07	1,10E-01
Ba	1,07E-02	1,08E-02	7,00E-01	3,07E-04	4,79E-05	4,82E-05	1,20E+00
Cd	3,07E-06	3,09E-06	5,00E-03	8,82E-08	1,37E-08	1,38E-08	2,40E-03
Co	2,02E-05	2,03E-05	5,00E-02	5,82E-07	9,06E-08	9,12E-08	-
Cr_tot	8,17E-03	8,22E-03	5,00E-02	2,35E-04	3,66E-05	3,68E-05	1,30E-01
Cu	7,91E-03	7,96E-03	1,00E+00	2,28E-04	3,55E-05	3,57E-05	2,10E-03
Mn	3,87E-05	3,90E-05	5,00E-02	1,11E-06	1,74E-07	1,75E-07	2,60E-01
Mo	8,49E-03	8,54E-03	-	2,44E-04	3,80E-05	3,83E-05	-
Ni	1,62E-04	1,63E-04	2,00E-02	4,66E-06	7,26E-07	7,31E-07	2,70E-02
Pb	1,25E-03	1,26E-03	1,00E-02	3,59E-05	5,59E-06	5,62E-06	3,80E-02
Sb	4,01E-03	4,04E-03	5,00E-03	1,15E-04	1,80E-05	1,81E-05	9,00E-02
V	6,54E-04	6,58E-04	5,00E-02	1,88E-05	2,93E-06	2,95E-06	4,30E-01
Zn	5,68E-03	5,72E-03	3,00E+00	1,63E-04	2,55E-05	2,56E-05	6,70E-03
Cloruri	1,56E+01	1,57E+01	-	4,48E-01	6,97E-02	7,02E-02	-
Nitrati	1,04E-01	1,04E-01	-	2,98E-03	4,64E-04	3,78E-04	-
Solfati	1,61E+01	1,62E+01	2,50E+02	4,63E-01	7,21E-02	7,26E-02	1,10E-01

PEC stimate nello scenario di massima cautela rispetto all'eluato (Ief ridotta: 0.25 m/anno e assenza di pavimentazione)

Contaminante			VS [mg/L]	PEC_corpo idrico			PNEC [mg/L]	SQA-CMA [mg/L]
				Fiume	Lago			
	C_media (0-5m) [mg/L]	C_mediana (0-5m) [mg/L]		Cmax [mg/L]	C_media [mg/L]	C_mediana [mg/L]		
Naftalene	2.39E-04	2.40E-04	-	6.78E-06	1.07E-06	1.08E-06	1.20E-01	1,30E-01
Acenaftene	1.37E-05	1.38E-05	-	3.90E-07	6.16E-08	6.19E-08	2.50E-02	-
Fluorene	5.71E-05	5.75E-05	-	1.62E-06	2.56E-07	2.57E-07	2.10E-02	-
Fenantrene	1.12E-04	1.12E-04	-	3.17E-06	5.01E-07	5.03E-07	4.50E-03	-
Antracene	1.59E-05	1.60E-05	-	4.52E-07	7.11E-08	7.16E-08	2.80E-03	-
Fluorantene	7.80E-05	7.85E-05	-	2.23E-06	3.50E-07	3.52E-07	4.60E-03	-
Pirene	4.09E-04	4.09E-04	-	1.20E-05	1.83E-06	1.83E-06	2.20E-02	-
Crisene	1.14E-05	1.15E-05	-	3.28E-07	5.13E-08	5.15E-08	-	-
Benzo(b)fluorantene	1.53E-05	1.52E-05	1.00E-04	4.62E-07	6.85E-08	6.80E-08	-	1,70E-05
Benzo(a)pirene	6.50E-06	6.53E-06	1.00E-05	1.86E-07	2.91E-08	2.93E-08	2.70E-02	2,70E-05
Benzo(g,h,i)perilene	1.21E-05	1.21E-05	1.00E-05	3.46E-07	5.40E-08	5.43E-08	-	8,20E-06
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	1.13E-05	1.13E-05	1.00E-04	3.23E-07	5.05E-08	5.08E-08	-	-

Fase 5 caratterizzazione del rischio

IBA

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Le potenziali criticità evidenziati dalle simulazioni a partire dalla matrice solida (in presenza di pavimentazione) non sono confermate dagli esiti delle valutazioni basate sui dati nell'eluato

Per le sostanze organiche per le quali è stato possibile stabilire una $PNEC_{acquatica}$, o per le quali è definito un SQA per le acque superficiali, si registra sempre l'accettabilità del rischio relativamente alla contaminazione riscontrata sia nella matrice solida sia nell'eluato e non vi sono criticità (anche nell'ipotesi cautelativa di assenza di pavimentazione).

Relativamente agli eluati, per il Benzo(g,h,i)perilene si stima una concentrazione in falda leggermente superiore al VS anche nell'ipotesi di infiltrazione ridotta. Tale potenziale criticità non determina però conseguenze significative per il corpo idrico superficiale (conformità della concentrazione massima attesa nelle acque superficiali rispetto allo SQA).

Fase 5 caratterizzazione del rischio

PEC stimate a partire dalle caratteristiche della matrice solida:
scenario di ragionevole cautela (Ief ridotta - pavimentazione)

	PEC falda		VS	CSC	PEC_corpo idrico			PNEC
					Fiume	Lago		
	C_media (0-5m) [mg/L]	C_mediana (0-5m) [mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	Cmax [mg/L]	C_media [mg/L]	C_mediana [mg/L]	[mg/L]
Al	1,71E-01	1,72E-01		2,00E-01	4,91E-03	7,64E-04	7,69E-04	3,50E-02
As	3,31E-03	3,33E-03	1,00E-02	1,00E-02	9,54E-05	1,48E-05	1,49E-05	1,10E-01
Ba	1,81E-01	1,82E-01		7,00E-01	5,21E-03	8,11E-04	8,16E-04	1,20E+00
Cd	4,78E-07	4,81E-07	5,00E-03	5,00E-03	1,38E-08	2,14E-09	2,16E-09	2,40E-03
Cr_tot	3,35E-08	3,37E-08	5,00E-02	5,00E-02	9,63E-10	1,50E-10	1,51E-10	1,30E-01
Cr VI	8,80E-04	8,86E-04	5,00E-03	5,00E-03	2,53E-05	3,94E-06	3,97E-06	1,30E-01
Cu	1,06E-02	1,06E-02		1,00E+00	3,04E-04	4,73E-05	4,76E-05	2,10E-03
Fe	3,95E+00	3,97E+00		2,00E-01	1,14E-01	1,77E-02	1,78E-02	7,80E-02
Hg	6,85E-06	6,89E-06	1,00E-03	1,00E-03	1,97E-07	3,07E-08	3,09E-08	6,20E-04
Mn	5,35E-02	5,39E-02		5,00E-02	1,54E-03	2,40E-04	2,41E-04	2,60E-01
Ni	7,21E-05	7,26E-05	2,00E-02	2,00E-02	2,08E-06	3,23E-07	3,25E-07	2,70E-02
Pb	4,13E-03	4,15E-03	1,00E-02	1,00E-02	1,19E-04	1,85E-05	1,86E-05	3,80E-02
Sb	3,04E-04	3,06E-04	5,00E-03	5,00E-03	8,76E-06	1,36E-06	1,37E-06	9,00E-02
Se	7,11E-03	7,16E-03	1,00E-02	1,00E-02	2,05E-04	3,19E-05	3,21E-05	9,50E-02
Sn	1,01E-04	1,02E-04		2,20E+00	2,92E-06	4,54E-07	4,57E-07	2,80E-05
Tl	3,56E-05	3,59E-05		2,00E-03	1,03E-06	1,60E-07	1,61E-07	1,90E-04
V	5,55E-04	5,59E-04	5,00E-02	5,00E-02	1,60E-05	2,49E-06	2,50E-06	4,30E-01
Zn	1,03E-03	1,04E-03	3,00E+00	3,00E+00	2,98E-05	4,63E-06	4,66E-06	6,70E-03

Contaminante	PEC_falda		VS	CSC	PEC_corpo idrico			PNEC	SQA-CMA
					Fiume	Lago			
	C_media (0-5m) [mg/L]	C_mediana (0-5m) [mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	Cmax [mg/L]	C_media [mg/L]	C_mediana [mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
Diossine e furani (TE)	2,90E-08	2,91E-08	4,00E-09	4,00E-09	8,38E-10	1,30E-10	1,30E-10	-	6,50E-09
Alifatici C19-C36	1,52E-01	1,53E-01		3,50E-01	4,33E-03	6,82E-04	6,86E-04	-	-
2-Metilnaftalene	2,62E-05	2,64E-05		5,00E-03	7,46E-07	1,17E-07	1,18E-07	-	-
Naftalene	6,61E-05	6,65E-05		5,00E-03	1,88E-06	2,96E-07	2,98E-07	1,20E-01	-
Fenantrene	7,36E-04	7,40E-04		5,00E-03	2,10E-05	3,30E-06	3,32E-06	4,50E-03	-
Antracene	3,50E-04	3,52E-04		5,00E-03	9,97E-06	1,57E-06	1,58E-06	2,80E-03	-
Fluorantene	3,69E-03	3,71E-03		5,00E-03	1,06E-04	1,65E-05	1,66E-05	4,60E-03	-
Benzo(a)antracene	4,53E-03	4,55E-03		1,00E-04	1,30E-04	2,03E-05	2,04E-05	-	-
Pirene	1,52E-03	1,53E-03		5,00E-02	4,39E-05	6,83E-06	6,87E-06	2,20E-02	-
Crisene	2,68E-03	2,69E-03		5,00E-03	7,69E-05	1,20E-05	1,21E-05	-	-
Benzo(b)fluorantene	9,07E-04	9,11E-04	1,00E-04	1,00E-04	2,66E-05	4,06E-06	4,08E-06	-	1,70E-05
Benzo(k)fluorantene	6,39E-04	6,43E-04		5,00E-05	1,83E-05	2,86E-06	2,88E-06	-	1,70E-05
Benzo(a)pirene	1,57E-03	1,58E-03	1,00E-05	1,00E-05	4,51E-05	7,04E-06	7,08E-06	-	2,70E-05
Benzo(e)pirene	5,56E-03	5,59E-03		1,00E-04	1,60E-04	2,49E-05	2,50E-05	-	-
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	4,76E-03	4,78E-03	1,00E-04	1,00E-04	1,37E-04	2,13E-05	2,14E-05	3,00E-05	
Dibenzo(ac)+(ah)antracene	1,79E-03	1,80E-03		1,00E-05	5,15E-05	8,04E-06	8,08E-06	-	-
Benzo(g,h,i)perilene	3,75E-03	3,77E-03	1,00E-05	1,00E-05	1,08E-04	1,68E-05	1,69E-05	-	8,20E-06

Fase 5: caratterizzazione del rischio

C&D

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

PEC stimate a partire dalle caratteristiche dell'eluato:
scenario di massima cautela (Ief_max: 0,25 m/anno e assenza di pavimentazione)

	PEC falda		CSC [mg/L]	PEC corpo idrico			PNEC [mg/L]
				Fiume	Lago		
	C media (0-5m) [mg/L]	C mediana (0-5m) [mg/L]		C max [mg/L]	C media [mg/L]	C mediana [mg/L]	
Al	2,07E-04	2,08E-04	1,00E-02	5,95E-06	9,26E-07	9,32E-07	1,10E-01
As	5,26E-02	5,29E-02	7,00E-01	1,51E-03	2,36E-04	2,37E-04	1,20E+00
Ba	1,38E-06	1,39E-06	5,00E-03	3,98E-08	6,19E-09	6,23E-09	2,40E-03
Cd	5,79E-05	5,82E-05	5,00E-02	1,66E-06	2,59E-07	2,61E-07	-
Cr_tot	2,12E-03	2,13E-03	5,00E-02	6,09E-05	9,48E-06	9,54E-06	1,30E-01
Cr VI	3,63E-04	3,65E-04	1,00E+00	1,04E-05	1,62E-06	1,63E-06	2,10E-03
Cu	1,80E-04	1,81E-04	5,00E-02	5,17E-06	8,05E-07	8,10E-07	2,60E-01
Fe	3,77E-04	3,79E-04	-	1,08E-05	1,69E-06	1,70E-06	-
Hg	5,94E-05	5,98E-05	2,00E-02	1,71E-06	2,66E-07	2,68E-07	2,70E-02
Mn	2,33E-05	2,35E-05	1,00E-02	6,71E-07	1,05E-07	1,05E-07	3,80E-02
Ni	3,31E-04	3,33E-04	5,00E-03	9,53E-06	1,48E-06	1,49E-06	9,00E-02
Pb	4,07E-03	4,10E-03	5,00E-02	1,17E-04	1,82E-05	1,84E-05	4,30E-01
Sb	2,91E-05	2,92E-05	3,00E+00	8,36E-07	1,30E-07	1,31E-07	6,70E-03
Se	1,01E+00	1,02E+00	-	2,92E-02	4,54E-03	4,57E-03	-
Sn	1,90E+00	1,91E+00	-	5,46E-02	8,50E-03	8,56E-03	-
Tl	6,87E+01	6,91E+01	2,50E+02	1,98E+00	3,08E-01	3,10E-01	-
V	2,07E-04	2,08E-04	1,00E-02	5,95E-06	9,26E-07	9,32E-07	1,10E-01
Zn	5,26E-02	5,29E-02	7,00E-01	1,51E-03	2,36E-04	2,37E-04	1,20E+00

IPA	PEC_falda			VS [mg/L]	CSC [mg/L]	PEC_corpo idrico			PNEC [mg/L]	SQA-CMA [mg/L]
						Fiume	Lago			
	Cmax interfaccia (*) [mg/L]	C_media (0-5m) [mg/L]	C_mediana (0-5m) [mg/L]			Cmax [mg/L]	C_media [mg/L]	C_mediana [mg/L]		
Benzo(b)fluorantene	1,43E-06	1,30E-06	1,29E-06	1,00E-04	1,00E-04	3,90E-08	5,83E-09	5,79E-09		1,70E-05
Benzo(k)fluorantene	8,03E-07	7,26E-07	7,19E-07		5,00E-05	2,20E-08	3,25E-09	3,22E-09		1,70E-05
Benzo(a)pirene	1,43E-06	1,29E-06	1,28E-06	1,00E-05	1,00E-05	3,92E-08	5,78E-09	5,72E-09		2,70E-05
Benzo(g,h,i)perilene	1,37E-06	1,22E-06	1,21E-06	1,00E-05	1,00E-05	3,76E-08	5,48E-09	5,41E-09		8,20E-06
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	1,59E-06	1,42E-06	1,41E-06	1,00E-04	1,00E-04	4,35E-08	6,37E-09	6,30E-09	3,00E-05	

Hanno collaborato alla realizzazione dello studio:

ISPRA:
Gianluca Chiaretti, Olga Faraponova, Vanessa Bellaria, Claudia Sebbio, Giulio Sesta, Maria Teresa Berducci, Giorgio Vizzini, Alessandra Pati, Stefania Gaudino, Giulia Romanelli, Maurizio Guerra, Federico Silvestri,

Il laboratorio Multisito di ARPAE Emilia-Romagna sezione di Ferrara